

## 1) Centrales (à fission) nucléaires

L'usage pacifique la réaction de fission nécessite le contrôle de la réaction en chaîne : il faut faire en sorte qu'en moyenne, un seul des deux ou trois neutrons produits par chaque fission de la chaîne, provoque une nouvelle fission. Il faut donc « éliminer » les neutrons excédentaires ; c'est le rôle des **barres de contrôle** contenant du cadmium (Cd) : c'est un métal « neutrophage » c'est-à-dire absorbeur de neutrons. Enfoncer les barres de contrôle dans le réacteur fait diminuer le nombre de neutrons, donc fait diminuer le nombre de fissions, et ainsi fait baisser la puissance du réacteur.

Les neutrons produits par les fissions sont rapides. Or, un neutron lent (d'énergie cinétique équivalente à celle d'une molécule d'air à température normale, environ 0,04 eV) a plus de probabilité de déclencher une fission qu'un neutron rapide. Il faut donc les ralentir, ce qui se fait grâce aux collisions des neutrons avec des noyaux légers d'une substance appelée modérateur. Pour les réacteurs PWR (Pressurized Water Reactor), c'est l'eau qui joue ce rôle : les collisions des neutrons avec les molécules d'eau ralentissent les neutrons, qui peuvent alors déclencher une nouvelle fission.

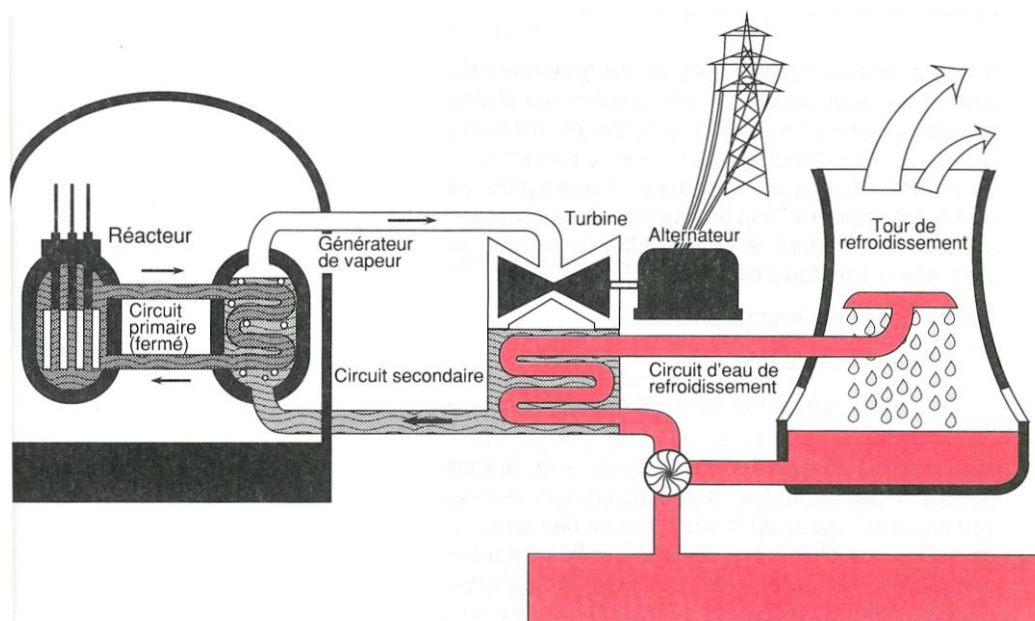
Le **cœur d'un réacteur PWR** est une cuve cylindrique verticale en acier, contenant :

- des tubes en acier contenant le « combustible » : **uranium enrichi**. Un mélange naturel d'uranium, contient seulement 0,7 % d' $^{235}\text{U}$  le reste étant  $^{238}\text{U}$ . Pour augmenter l'efficacité, on augmente donc le pourcentage d' $^{235}\text{U}$ , pour obtenir ce qu'on appelle de l'uranium enrichi à 3%
- les barres de contrôle, qu'on peut abaisser ou soulever
- le modérateur : de l'eau
- le **fluide caloporteur** : fluide qui va « extraire » la chaleur produite par les réactions de fission : c'est de l'eau pressurisée (environ  $300^\circ\text{C}$  ; 155 bar)

Cette eau, dans laquelle plongent les tubes de combustible, est donc à la fois le fluide caloporteur et le modérateur. Comme elle devient radioactive elle ne peut être utilisée directement, pour faire fonctionner la turbine. Elle circule en circuit fermé (circuit primaire) et va céder sa chaleur à l'eau du circuit secondaire, dans le générateur de vapeur.

La vapeur qui y est produite va faire fonctionner la turbine qui convertit l'énergie thermique en énergie mécanique. Cette dernière est transformée en énergie électrique dans l'alternateur.

Le circuit d'eau de refroidissement, comme dans une centrale thermique, sert à refroidir et condenser la vapeur sortant de la turbine, afin d'améliorer le rendement de la transformation de chaleur en travail.



### **Inconvénients des centrales nucléaires**

- Les produits de fission ainsi que les filtres, soupapes, tuyaux... sont radioactifs pendant des centaines d'années ! Il faut donc trouver des endroits de stockages sûrs.
- En fonctionnement normal, le danger provient des quantités énormes de substances radioactives contenues dans le cœur :
  - le combustible (70 tonnes)
  - les produits de fission sont tous radioactifs, certains ayant une demi-vie très longue (cf chapitre sur la radioactivité)
  - beaucoup de noyaux (de l'eau, des tubes en acier, de la cuve, du circuit primaire, ...), irradiés par les neutrons, sont devenus radioactifs.

Pour empêcher la sortie de matières radioactives, le cœur et le circuit primaire se trouvent dans une double enceinte de confinement en béton.

- Parmi les accidents possibles, le plus grave serait la rupture du circuit primaire, car le cœur ne serait plus refroidi ; même si les barres de contrôle arrêtaient tout de suite les réactions de fission, la température du cœur s'élèverait très fort (parce que les produits de fission, étant radioactifs, libèrent de la chaleur), les tubes contenant le combustible fondraient, la cuve elle-même fondrait...

Les parades consistent à prévoir :

- plusieurs circuits primaires
- des circuits de refroidissement d'urgence.
- Mentionnons aussi les dangers localisés en amont et en aval des centrales : production et transport du combustible ; transport et retraitement des produits de fission ; stockage des déchets ; et finalement la centrale elle-même, désaffectée après 20 ou 30 ans, murée et abandonnée pour de nombreux siècles !

### **Avantages**

- L'existence des centrales nucléaires permet de diversifier la provenance de notre approvisionnement en énergie : l'uranium n'est pas acheté aux mêmes pays que le pétrole.
- Le prix de revient du kWh nucléaire est inférieur à celui du kWh classique.
- Dans ce prix de revient, la part de l'achat du combustible est inférieure : 37 % pour une centrale nucléaire, contre 70 % pour une centrale thermique : il y a diminution de la dépendance financière vis-à-vis de l'étranger.
- Le stockage du combustible : 6 m<sup>3</sup> d'uranium enrichi représentent 3 ans de fonctionnement d'une centrale de 1000 MW ; tandis que 500 000 m<sup>3</sup> de charbon n'en représentent que 3 mois !

## **2) Bombe nucléaire**

Le principe de fonctionnement d'une bombe est très simple : il s'agit en fait de rassembler très rapidement une masse d'uranium et d'obtenir ainsi une réaction de fission non contrôlée : le nombre de neutrons augmente alors très rapidement, et l'énergie libérée est énorme.

Pour cela, il faut une masse suffisante d'U : en fait si la masse d'U est inférieure à une masse appelée **masse critique**, la majorité des neutrons s'y échappent sans interagir, et il n'y a donc pas de réaction en chaîne. La masse critique est d'environ 50 kg pour l'<sup>235</sup>U.